



LỊCH SỬ *QUANG HỌC*

Trần Nghiêm

thuvienvatly.com

Quang học là ngành khoa học vật lý nghiên cứu nguồn gốc và sự truyền của ánh sáng, cách thức nó biến đổi, những hiệu ứng mà nó gây ra, và những hiện tượng khác đi cùng với nó. Có hai ngành quang học. Ngành quang lý nghiên cứu bản chất và các tính chất của ánh sáng. Ngành quang hình học khảo sát các nguyên lý chi phối các tính chất tạo ảnh của thấu kính, của gương, và của các dụng cụ khác, thí dụ như các bộ xử lý dữ liệu quang học.

Tài liệu “Lịch sử Quang học” này trình bày sơ nét những sự kiện và những phát triển quan trọng trong ngành quang học từ thời tiền sử cho đến đầu thế kỷ thứ 21. Nó cũng đề cập tới những phát triển có liên quan trong những lĩnh vực khác (thí dụ như sự phát triển của máy tính điện tử) và các cột mốc có liên quan trong thế giới quan của nhân loại.



Thấu kính Layard

Từ thời tiền sử đến năm 999 sau Công nguyên

Những trải nghiệm sớm nhất của loài người với ánh sáng và quang học là thuộc về thế giới tự nhiên: ánh sáng mặt trời, lửa, và các tính chất phản xạ và khúc xạ (bề cong ánh sáng) của nước, các tinh thể, và một số chất khác có mặt trong tự nhiên. Lửa là một trong những công cụ sớm nhất được tổ tiên của loài người hiện đại sử dụng, có lẽ từ cách nay khoảng 1,4 triệu năm, nhưng có khả năng nó không được sử dụng để thắp sáng vào ban đêm cho đến cách nay 500.000 năm. Hồi 15.000 năm về trước, loài người đã đốt chất béo và dầu trong các loại đèn để thắp sáng bóng đêm, đó là những dụng cụ nhân tạo đầu tiên dùng để tạo ra ánh sáng.



Đèn đốt dầu nguyên thủy làm từ vỏ động vật

Các kết quả khảo cổ từ những nền văn minh sơ khai, do Austen Layard thực hiện hồi thế kỉ 19, cho thấy vào năm 3000 trước Công nguyên, loài người ở Trung Đông,

châu Phi, và châu Á đã ngày một quan tâm hơn đến các hiện tượng quang học và đã sử dụng chúng cho nhiều mục đích khác nhau. Bóng của vật đã được sử dụng để giải trí trên sân khấu. Các kim loại và tinh thể được cải tạo và định hình để khai thác các tính chất phản xạ và khúc xạ của chúng dùng làm đồ trang trí và trang sức. Việc phát minh ra thủy tinh vào khoảng thời gian này có lẽ đã được tiếp sức bởi những tính chất quang nổi bật của nó. Những đồ tạo tác cổ nhất bằng thủy tinh là những chuỗi hạt thủy tinh dĩ nhiên dùng làm đồ trang sức.

Vào năm 300 trước Công nguyên, các vị học giả người Hi Lạp bắt đầu nghiên cứu và thưởng ngoạn các hiện tượng quang học một cách nghiêm túc, họ đề xuất các lí thuyết giải thích sự nhìn, màu sắc, ánh sáng, và các hiện tượng thiên văn. Nhiều lí thuyết trong số đó hóa ra là không đúng, nhưng chúng thật sự đã khai sinh ra ngành quang học. Người ta tin rằng Plato là người đầu tiên trình bày rõ ràng lí thuyết phát xạ của sự nhìn. Lí thuyết này đã chiếm ưu thế cho đến thiên niên kỉ thứ hai sau Công nguyên. Nó cho rằng mắt người chiếu ra các tia sáng, kiểu như đèn flash, rọi sáng các vật ở phía trước mắt. Khi có cái gì đó

chặn mất “tia mắt”, thì kết quả là bóng tối.

Ở phương tây, Euclid xứ Alexandria đã thực hiện những quan sát đầu tiên được ghi nhận lại về quang học và ánh sáng. Ông đã viết một nghiên cứu có chiều sâu về hiện tượng ánh sáng nhìn thấy trong tác phẩm *Optica* của mình, trong đó ông nêu rõ định luật phản xạ ánh sáng từ các bề mặt nhẵn. Aristotle còn nghiên cứu bản chất của sự nhìn, nhưng ông không tán thành với lý thuyết các tia phát ra từ mắt. Cũng trong khoảng thời gian này, nhà toán học vĩ đại người Sicily, Archimedes, đã nghiên cứu sự phản xạ và khúc xạ, nhưng tác phẩm của ông đã bị thiêu hủy khi người La Mã đánh bại Syracuse.

Ý tưởng về **buồng tối**, tiền thân của camera, có khả năng nhất là phát sinh ở Hi Lạp cổ đại. Về cơ bản nó là cửa sập trong đó ánh sáng có thể xuyên qua một cái lỗ nhỏ và chiếu vào một căn phòng hay một cái hộp tối, nói chung không có sự hỗ trợ của thấu kính. Trong hàng trăm năm trời, các nhà khoa học đã sử dụng buồng tối đó để quan sát nhật thực mà không gây hại cho mắt họ, và nó vẫn được các nhà khoa học nghiệp dư và công chúng sử dụng cho mục đích đó trong thời đại ngày nay.

Người La Mã ít có sự tiến bộ về quang học, mặc dù Seneca, một vị gia sư và là bạn thân của Hoàng đế La Mã Nero, đã đề ý đến tác dụng phóng to ảnh của các chất lỏng đựng trong bình trong suốt. Theo sử sách thì Nero đã từng sử dụng một thấu kính ngọc lục bảo để quan sát các đấu sĩ đang chiến đấu.

Trong thế kỉ thứ hai sau Công nguyên, Ptolemy, một nhà thiên văn học ở xứ Alexandria, Ai Cập, đã nghiên cứu và viết lách về nhiều chủ đề khoa học. Đáng chú ý nhất là sự phát triển của ông về thuyết địa tâm của hệ mặt trời, lý thuyết thắng thế trong hơn một nghìn năm sau đó. Ông đã cho in năm cuốn sách về quang học, nhưng chỉ có một quyển còn lưu lại đến thời hiện đại. Loạt sách này dành riêng cho nghiên cứu màu sắc, sự phản xạ, khúc xạ, và các gương có hình dạng khác nhau. Việc thiết lập lý thuyết bằng thí nghiệm, thường được hậu thuẫn bởi việc xây dựng các thiết bị đặc biệt, là đặc điểm nổi trội nhất của tác phẩm *Quang học* của Ptolemy.

Trước năm 1000 sau Công nguyên, lịch sử còn chứng kiến một số tiến bộ quang học khác nữa. Vị học giả người Arab tên là Abu Ali Hasan Ibn al-Haitham đã thực hiện nghiên cứu nghiêm túc đầu tiên về các thấu kính ở Basra (Iraq). Ông đã nghiên cứu sự khúc xạ ở các thấu kính, bác

bỏ định luật khúc xạ của Ptolemy, và còn tiến hành nghiên cứu về sự phản xạ từ gương cầu và gương parabol. Các tác phẩm của ông là những tác phẩm đầu tiên giải thích

sự nhìn một cách đúng đắn, là một hiện tượng ánh sáng đi vào mắt, chứ không phải các tia sáng do mắt phát ra.

Từ thời tiền sử đến năm 999 sau Công nguyên

1,4 triệu năm tCN	Bằng chứng sớm nhất cho việc sử dụng lửa có điều khiển của người tiền sử.
12 000 năm tCN	Những ngọn đèn đốt dầu đầu tiên.
3 000 năm tCN	Các nền văn hóa Trung Đông và Châu Á bắt đầu nghiên cứu ánh sáng và bóng đổ và có khả năng khai thác các tính chất của chúng để giải trí. Các nền văn minh châu Á đã sản xuất và sử dụng gương.
900 – 600 tCN	Người Babylon chế tạo thấu kính lồi từ các tinh thể, nhưng vì chúng có chất lượng phóng to không tốt, cho nên có lẽ chủ yếu chúng được sử dụng làm đồ trang trí hoặc vì hiếu kì.
423 tCN	Tác gia người Hi Lạp Aristophanes viết một vở hài kịch, <i>Các đám mây</i> , trong đó một nhân vật sử dụng một vật làm phản xạ và tập trung các tia sáng mặt trời, làm tan chảy một tờ giấy nợ ghi trên miếng sáp.
400 – 300 tCN	Các học giả Hi Lạp tranh luận về ánh sáng và quang học: Plato đề xuất rằng <i>linh hồn</i> là nguồn gốc của sự nhìn, với các tia sáng phát ra từ mắt và rọi sáng các vật. Democritus thực hiện nỗ lực đầu tiên nhằm giải thích sự cảm nhận và màu sắc theo hình dạng, kích thước, và “độ gồ ghề” của các nguyên tử. Euclid công bố quyển <i>Optica</i> , trong đó ông trình bày định luật phản xạ và phát biểu rằng ánh sáng truyền đi theo đường thẳng.

	Aristotle tranh luận về sự cảm nhận màu sắc, nhưng ông không chấp nhận lý thuyết về sự nhìn của con người dưới dạng các tia sáng phát ra từ mắt.
280 tCN	Người Ai Cập hoàn thành công trình xây dựng ngọn hải đăng đầu tiên của thế giới, ngọn Pharos thành Alexandria, một trong bảy kì quan của thế giới và là nguyên mẫu của mọi ngọn hải đăng sau này.
250 tCN – 100 sCN	Có lẽ người Trung Quốc là người đầu tiên sử dụng các thấu kính quang, và trường hợp đầu tiên sử dụng thấu kính sửa tật của mắt được ghi nhận xảy ra trong khoảng thời gian này. Đạo sĩ Shao Ong phát minh ra “kịch bóng”, trong đó bóng của các con rối chiếu đổ lên trên các màn ảnh mỏng. Vở kịch bóng La Mã đầu tiên do nhà thơ và nhà tự nhiên học Lucretius sáng tác vào khoảng năm 65 tCN.
	Nhà triết học La Mã Seneca mô tả sự phóng đại của các vật nhìn qua các quả cầu trong suốt chứa đầy nước.
	Nero Claudius Caesar, Hoàng đế La Mã, sử dụng một viên ngọc lục bảo mài nhẵn mặt để khắc phục tật cận thị của ông và quan sát các đấu sĩ đang chiến đấu. Các khai quật sau này ở Pompeii và Herculaneum thu lượm được một số thấu kính tinh thể thủy tinh của thời kì này.
100 – 950	Hero (Alexandria) xuất bản một tác phẩm mang tựa đề <i>Catoptrica</i> (Sự phản xạ) và chứng minh rằng góc phản xạ bằng với góc tới. Claudius Ptolemy (Alexandria) là người đầu tiên, theo sử liệu, thu thập và công bố dữ liệu thực nghiệm về quang học. Ông quảng bá quan điểm cho rằng sự nhìn phát sinh từ mắt và Mặt trời quay xung quanh Trái đất.
	Nhà khoa học người Trung Quốc Ting Huan khám phá ra sự chuyển động biểu kiến nhìn qua các dòng đối lưu của không khí nóng do một ngọn đèn tạo ra vào khoảng năm 180, và nhà vật lý người Hi Lạp Galen bắt đầu nghiên cứu sự nhìn hai mắt trong cùng khoảng thời gian này.

Năm 525, vị học giả và nhà toán học người La Mã, Anicus Boethius, cố gắng xác định tốc độ của ánh sáng, nhưng ông đã bị chém đầu vì những nỗ lực của ông bị kết án phản quốc và ma thuật.

Nhà giả kim thuật người Arab Gerber quan sát tác dụng làm đen của ánh sáng đối với bạc nitrate vào khoảng năm 750. Trong 200 năm tiếp sau đó, các nhà khoa học Arab và Trung Quốc đều quan sát nhật nguyệt thực qua hiệu ứng buồng tối. Vào thế kỉ thứ 10, Yu Chao Lung đã cho xây những ngọn tháp nhỏ để quan sát ảnh qua lỗ nhỏ chiếu lên trên một màn hứng, chứng minh sự phân kì của chùm tia sáng sau khi đi qua một lỗ nhỏ.

999

Alhazen, còn gọi là Abu Ali Hasan Ibn al-Haitham (ở Iraq ngày nay), sử dụng gương cầu và gương parabol để nghiên cứu quang sai cầu và mang lại lời giải thích chính xác đầu tiên của sự nhìn – mắt cảm nhận ánh sáng, chứ không phát ra ánh sáng. Alhazen còn nghiên cứu sự phóng đại thu được từ sự khúc xạ khí quyển và viết về sự giải phẫu của mắt người và mô tả thấu kính tạo ra ảnh như thế nào trên võng mạc trong tác phẩm quang học nổi tiếng của ông, "*Opticae Thesaurus*" (Tủ điển Quang học), sự đóng góp thật sự đầu tiên của ngành quang học trong thiên niên kỉ thứ nhất. Ông đã sử dụng hiệu ứng buồng tối trong nghiên cứu nhật nguyệt thực, và để ý rằng ảnh sẽ xuất hiện rõ ràng hơn khi kích thước lỗ nhỏ hơn.

1000-1599

Trong những năm đầu của thiên niên kỉ thứ hai, nền khoa học Arab phát triển nhanh chóng, đặc biệt là các nghiên cứu về thiên văn học, quang học và sự nhìn. Các nghiên cứu quang học của người Trung Quốc cũng nổi bật trong một thời gian ngắn khi họ làm thí nghiệm với các thấu kính, gương, và bóng đổ, nhưng sau những năm 1200 thì bị đình trệ.



Đá đọc sách thế kỉ thứ 13

Ở châu Âu trung đại, các học giả trung thành tuyệt đối với những lời giáo huấn của các nhà triết học Hi Lạp cổ đại, đặc biệt là Aristotle, và giáo huấn của Nhà thờ Thiên chúa giáo. Khoa học được xem là một quá trình chỉ đòi hỏi sự quan sát thế giới tự nhiên giải thích bằng tư tưởng duy lí và thần học chính xác. Thực nghiệm không được xem là cần thiết để tìm hiểu thế giới hoạt động như thế nào, ít nhất chẳng phải là một thế giới được xem là

nằm tại trung tâm của một vũ trụ bất biến.

Tuy nhiên, khoảng thời gian 600 năm này thật sự đã chứng kiến những đột phá quan trọng trong khoa học và ngành quang học. Quan điểm Hi Lạp cho rằng mắt người phát ra các tia sáng cuối cùng đã bị bác bỏ và mắt người được hiểu chính xác là bộ phận cảm thụ ánh sáng. Những thấu kính phóng đại đầu tiên hoạt động thật sự được chế tạo vào những năm 1200, và vào những năm 1400 thì các thấu kính đã được dùng làm kính đọc sách. Người Trung Quốc đã chế tạo kính đeo mắt với thấu kính màu còn sớm hơn nữa, nhưng hiển nhiên những dụng cụ này được dùng với mục đích trang sức, chứ không phải khắc phục tật nhìn của mắt. Vào năm 1600, các thấu kính chất lượng cao đã được chế tạo và dùng để sản xuất những chiếc kính hiển vi và kính thiên văn đầu tiên.

Vào nửa sau của những năm 1200, khi nền khoa học Arab và Trung Hoa đang lụi tàn, thì châu Âu bắt đầu thoát dần khỏi Thời kì Tăm tối của mình. Robert Grosseteste, một giám mục và là học giả người Anh, đã giới thiệu bản dịch Latin của các tác phẩm triết học và khoa học Hi

lập và Arab với người châu Âu trung cổ. Đáng chú ý là ông đã đề xuất rằng một lí thuyết chỉ có thể xác thực bằng cách kiểm tra các tiên đoán thực nghiệm của nó – một sự chệch hướng thật sự khỏi triết học Aristotle và là sự khởi đầu của phương pháp khoa học ở châu Âu. Người học trò của ông, Roger Bacon, tiếp tục sự ủng hộ thực nghiệm của ông và đã cố gắng thuyết phục Giáo hội đưa phương pháp thực nghiệm vào hệ thống giáo dục, nhưng không thành công.



*Kính hiển vi ghép Janssen
(khoảng cuối những năm 1500)*

Những năm 1400 và 1500 chứng kiến sự bắt đầu kết thúc thế giới quan Ptolemy, quan niệm xem Trái đất là trung tâm của vũ trụ, với mặt trời, các ngôi sao, và các hành tinh

quay tròn xung quanh nó. Các nhà khoa học đã và đang thực hiện các quan sát thế giới của riêng họ và một số người, như Nicolas Copernicus, bắt đầu tin rằng lí thuyết Ptolemy không thể giải thích các quan sát của họ. Vào năm ông qua đời, 1543, Copernicus đã cho xuất bản một bộ tác phẩm giải thích lí thuyết nhật tâm của ông, đặt Trái đất và các hành tinh khác trong quỹ đạo xung quanh Mặt trời. Động thái này đã khai sinh ra Cuộc cách mạng Khoa học, nhưng mất đến 150 năm sau thì thế giới quan mới đó mới hoàn toàn được chấp nhận.

Năm 1572, nhà thiên văn Tycho Brahe đã quan sát một sao siêu mới trong chòm sao Cassiopeia. Việc nhìn thấy một “ngôi sao mới” đột ngột xuất hiện trên bầu trời, sáng dần lên, sau đó mờ dần đi khỏi tầm nhìn trong hơn 18 tháng, đã gây cảm hứng nhưng khó hiểu đối với nhà thiên văn học. Ông và những người khác bắt đầu nghi vấn quan niệm Aristotle về một vũ trụ hoàn hảo và bất biến.

1000-1199

Nhà triết học và nhà vật lý Hồi giáo người Iran Ibn Sina (tên Latin là Avicenna) nêu lý thuyết rằng nếu sự cảm nhận ánh sáng là do sự phát xạ từ một nguồn sáng nào đó, thì tốc độ ánh sáng phải là hữu hạn.

Nhà triết học, luật gia, và bác sĩ người Tây Ban Nha gốc Arab Ibn Rushd (tên Latin là Averroës), viết các sách nói về nhiều lĩnh vực quang học, từ thiên văn học đến tôn giáo, tích hợp truyền thống Hồi giáo với tư tưởng Hi Lạp cổ đại. Trong hàng thế kỷ, các bài tóm lược và chú giải của ông về các tác phẩm của Aristotle và cuốn *Republic* của Plato có sức ảnh hưởng mạnh đối với thế giới Hồi giáo lẫn châu Âu.

Nhà triết học Trung Quốc Shen Kua viết quyển *Meng ch'i pi t'an* (Mộng Hồ Luận), trong đó ông trình bày về gương lõm và các tiêu điểm. Ông lưu ý rằng ảnh phản xạ trong một gương lõm bị lộn ngược, và mô tả hiệu ứng buồn tối. Người ta còn kể lại rằng ông đã cho xây dựng một quả cầu thiên thể và đồng hồ mặt trời bằng thiếc.

1200-1250

Robert Grosseteste, một giám mục và là một học giả người Anh, giới thiệu bản dịch các tác phẩm triết học và khoa học Hi Lạp và Arab với châu Âu trung cổ. Ông theo đuổi các nghiên cứu về hình học, quang học và thiên văn học, làm thí nghiệm với các gương và thấu kính, chế tạo một thấu kính thô sơ nhưng có độ phóng đại thật sự. Ông đề xuất rằng một lý thuyết chỉ có thể được xác thực bằng cách kiểm tra các hệ quả của nó với phương pháp thực nghiệm, một sự chệch hướng đáng kể khỏi trường phái triết học Aristotle và là sự khởi đầu của phương pháp khoa học ở thế giới phương Tây. Trong các tác phẩm của ông về thiên văn học, ông khẳng định Dải Ngân hà là sự tập hợp của ánh sáng phát ra từ nhiều ngôi sao nhỏ, ở gần nhau.

Các học giả người Trung Quốc Chiang Khuei và Fang Cheng đề cập tới sự tương tác giữa chuyển động và sự chiếu sáng trong tác phẩm thơ ca của họ, *Meng Liang Lu*, nhưng sự hứng

- thứ của người Trung Quốc với quang học và cơ sở vật lí của ánh sáng và màu sắc bị lu mờ dần trong ba trăm năm tiếp sau đó.
- 1268-1272 Roger Bacon, một nhà triết học người Anh và là học trò của Robert Grosseteste, viết một vài tập sách nói về các thí nghiệm của ông. Trong quyển *Opus Maius*, Bacon đã đánh giá kiến thức của thời kì ấy về sự phóng đại các vật qua thấu kính lồi. Một vài chuyên luận khác, trong đó có *De Multiplicatione Specierum* và *Perspectiva*, đánh giá nguyên lí buồn tối, nhưng lại không mô tả thiết bị ông dùng trong các thí nghiệm. Bacon là người đầu tiên nêu lí thuyết rằng thấu kính có thể có ứng dụng trong sự hiệu chỉnh tật nhìn của mắt, và ông còn là người đầu tiên áp dụng hình học để nghiên cứu quang học. Bacon phát biểu, nhưng không chứng minh, rằng màu sắc của cầu vồng là do sự phản xạ và khúc xạ của ánh sáng mặt trời qua từng giọt nước mưa.
- 1270 Witelo xứ Silesia (tên Latin là Vitellio), một nhà vật lí người Ba Lan, hoàn thành một tập sách mang tựa đề *Perspectiva* (vào thời kì ấy, ngành quang học được gọi là "perspectives"). Đây sẽ là chuyên luận thời trung cổ quan trọng nhất nói về quang học và là văn bản chuẩn về quang học cho đến thế kỉ thứ 17.
- 1275 Học giả dòng Dominic người Anh Albertus Magnus (sau này gọi là St. Albertus Magnus, vị thánh bảo trợ của khoa học tự nhiên) nghiên cứu hiệu ứng cầu vồng của ánh sáng và trình bày rằng tốc độ của ánh sáng là cực kì nhanh, nhưng hữu hạn. Ông còn khảo sát tác dụng làm đen của ánh sáng mặt trời đối với các tinh thể bạc nitrate.
- 1303 Bernard xứ Gordon, một bác sĩ người Pháp, viết trong một tập sách trong bộ sách y khoa của ông, *Lilium Medicinae*, nói về việc sử dụng kính đeo mắt làm phương tiện khắc phục tật viễn thị - bản ghi chép đầu tiên nói đến việc sử dụng thấu kính để khắc phục tật nhìn.
- 1304 Theodoric xứ Freiberg (Đức), một thầy tu dòng Dominic, chứng minh rằng cầu vồng là do sự khúc xạ bên trong và sự phản xạ ánh sáng mặt trời bên trong từng giọt nước mưa, chứng minh lí thuyết của Roger Bacon và bác bỏ giả thuyết của Aristotle rằng cầu vồng phát sinh từ cả một đám mây.

- Không giống như nhiều học giả thuộc thời đại của ông, Theodoric quan sát và lí giải cầu vồng thứ cấp cùng với cầu vồng sơ cấp.
- 1440 Hàng thập kỉ trước Copernicus, Nicholas xứ Cusa (Đức) phát biểu trong quyển *De docta ignorantia* (Về cái ngu dốt đã học được) rằng Trái đất không nằm tại trung tâm của vũ trụ và là một trong vô số những thiên thể chiếm giữ vũ trụ. Những phát biểu này sẽ tiếp tục phát triển trong những tác phẩm tiếp sau đó.
- 1472 Johannes Regiomontanus (Đức) thực hiện quan sát đầu tiên được ghi nhận về sao chổi Halley.
- 1480 Leonardo da Vinci (Italy) nghiên cứu sự phản xạ ánh sáng và so sánh nó với sự phản xạ của sóng âm thanh.
- 1520 Franciscus Maurolycus, một linh vực dòng Tên, nhà thiên văn học và nhà toán học, viết quyển *De Subtilitate*, trong đó ông trình bày các lí thuyết về ánh sáng, rạp hát và ánh sáng rạp hát. Năm 1521, ông hoàn thành quyển *Theoremata De Lumine Et Umbra Ad Perspectivam*, một sự lí giải cách chế tạo kính hiển vi. Maurolycus còn quan sát thấy rằng trong một buồng tối, bóng của một vật chuyển động theo chiều ngược với vật và ông đã quan sát nhật thực bằng buồng tối.
- 1521 Trong bản dịch tác phẩm *Chuyên luận về Kiến trúc* của Vitruvius, Cesare Cesariano (Italy) mô tả một thí nghiệm với buồng tối, thực hiện bởi Papnutio – một thầy tu dòng Benedictine. Trong thí nghiệm này, một cái ống hình nón trên tường được sử dụng để tạo ảnh của các vật bên ngoài phòng. Cesariano là học trò của da Vinci.
- 1543 Nicolaus Copernicus (Ba Lan) xuất bản phiên bản cuối cùng của lí thuyết nhật tâm của ông, *De revolutionibus orbium coelestium libri vi* (Sáu Quyển sách Bàn về Sự chuyển động tuần hoàn của Các thiên thể).
- 1545 Reinerus Gemma-Frisius (Hà Lan) xuất bản quyển *De Radio Astronomica Et Geometrico*, trong đó có mô tả và hình vẽ kỉ nhật thực năm 1544 mà ông quan sát ở Louvain vào ngày 24 tháng 1.
- 1550 Girolamo Cardano (Italy), một nhà toán học và bác sĩ, xuất bản quyển *De Subtilitate Libri* trong đó ông mô tả một buồng

- tối với một thấu kính lồi trong lỗ hờ. Cardano còn công bố một mô tả chi tiết của các hình ảnh cải tiến từ cấu hình của ông.
- 1551 Erasmus Reinhold, nhà toán học và thiên văn học người Đức, tường thuật việc sử dụng một buồng tối lỗ nhỏ để quan sát nhật thực và mô tả chi tiết sử dụng buồng tối như thế nào. Ông còn nhắc tới việc quan sát các vật xung quanh ông với buồng tối lỗ nhỏ.
- 1556 Nhà giả kim thuật Georg Fabricius cho xuất bản một quyển sách nói về các thí nghiệm của ông với kim loại, lưu ý rằng bằng cách thêm một dung dịch muối và bạc nitrate vào những quặng nhất định, thì kim loại sẽ chuyển từ màu trắng ở trạng thái lúc đầu thành màu đen khi phơi ra trước ánh sáng mặt trời.
- 1558 Năm 1558, Giovanni Battista Della Porta, (Italy) xuất bản quyển *Magiae Naturalis Libri* (Thiên nhiên kì thú), một tài liệu tham khảo chứa đựng các thông tin chi tiết về một số khoa học như vật lí học, thiên văn học và giả kim học. Ông còn đề cập một vài chi tiết về buồng tối. Trong một tác phẩm sau này, ông so sánh mắt người với camera và lí giải sự nhìn theo sự khúc xạ, lăng kính, thấu kính, và trình bày về quang học nói chung.
- 1568 Daniel Barbaro (Italy) xuất bản quyển *La Practica Della Perspectiva*, mô tả việc sử dụng một thấu kính hai mặt lồi để tăng nét hình ảnh trong một buồng tối. Ông còn trình bày rằng hình ảnh sắc nét đó giờ có thể phác họa bằng bút chì và đề xuất các họa sĩ nên sử dụng phương pháp trên.
- 1572 Nhà thiên văn học người Đan Mạch Tycho Brahe chứng kiến sự xuất hiện đột ngột của một “ngôi sao mới” (sao siêu mới) và đề xuất ra lí thuyết mang tính đột phá rằng vũ trụ ở trong trạng thái biến đổi không ngừng.
- Freidrich Risner (Đức) dịch các tác phẩm viết về quang học của Alhazen và Witelo sang tiếng Latin và đưa những khái niệm cùng những kết quả của những học giả này đến với cộng đồng khoa học châu Âu đang dần lớn mạnh.
- 1584 Giordano Bruno, nhà triết học và học giả người Italy, viết quyển *Về Vũ trụ Vô hạn và Các Thế giới*, bác bỏ quan niệm

- Aristotle về một vũ trụ địa tâm và nêu lý thuyết rằng vũ trụ là vô hạn với một số vô hạn các thế giới. Ông bị thiêu trên giàn hỏa vào năm 1600 vì từ chối rút lại quan điểm của mình.
- 1585 Giovanni Benedetti, nhà toán học người Italy, viết quyển *Diversarum Speculationum Mathematicarum*, và mô tả việc sử dụng gương lõm và thấu kính lồi để hiệu chỉnh hình ảnh.
- 1589 Từ bỏ suy nghĩ được chấp nhận của thời đại, nhà vật lý và nhà thiên văn học người Italy Galileo Galilei đề xuất các lý thuyết chuyển động mâu thuẫn với lý thuyết của Aristotle. Ông ghi lại các lý thuyết và kết quả thực nghiệm của mình trong quyển *De motu* (Về Chuyển động).
- 1590 Nhà chế tạo kính nghiên cứu Hà Lan Zacharias Janssen và cha của ông, Hans, phát minh ra chiếc kính hiển vi ghép đầu tiên. Dụng cụ sử dụng một vật kính lồi và một thị kính lõm.
- 1596 David Fabricius (Hà Lan) thực hiện quan sát đầu tiên được ghi nhận về một sao biến quang, Mira Ceta (còn gọi là Omicron Ceti) nhưng nhầm lẫn nó là một sao siêu mới khi nó lu mờ dần khỏi tầm nhìn.

1600-1699

Thế kỉ thứ 17 đã mang đến những biến đổi vô cùng to lớn cho thế giới khoa học và quang học, hiểu theo nghĩa đen lẫn nghĩa bóng. Việc phát minh ra kính thiên văn và kính hiển vi vào những năm 1590 đã kích ngòi cho niềm hứng khởi vô bờ bến trong việc khảo sát những địa hạt trước đây không thể quan sát. Các quan sát thực hiện từ những khảo sát tiên phong đó sẽ làm thay đổi nhận thức của loài người về thế giới và vũ trụ.



*Kính thiên văn phản xạ Isaac Newton
(khoảng 1668)*

Năm 1608, Hans Lippershey tiến hành cải tiến mẫu thiết kế gốc của kính thiên văn và giới thiệu chúng với Galileo. Trong vòng một năm, Galileo đã chế tạo chiếc kính thiên văn của riêng ông và khám phá ra các vệ tinh của Mộc tinh, một trong những quan sát xác thực cho lí thuyết Copernicus. Tuy nhiên, Giáo hội lúc ấy chưa sẵn sàng chấp nhận

các kết quả của ông và ông bị buộc phải tuyên bố trước công chúng rút lại sự ủng hộ của ông dành cho thế giới quan Copernicus.

Vào nửa sau thế kỉ 17, Robert Hooke và Antonie van Leeuwenhoek cho xuất bản các tập sách với một số quan sát họ đã thực hiện qua các kính hiển vi của họ. Các quyển sách này có các minh họa và mô tả, làm độc giả say đắm trước những chi tiết trước đây không hề biết tới của những vật dụng hàng ngày và thế giới vi khuẩn trước đó không nhìn thấy được.

Với những công cụ tốt hơn và sự khoan dung rộng rãi hơn dành cho sự quan sát và thực nghiệm, các nhà khoa học bắt đầu mở rộng kiến thức của họ về thế giới tự nhiên. Năm 1604, Johannes Kepler cho xuất bản một tác phẩm chính yếu về bản chất của ánh sáng và quang học, phổ biến tác phẩm *Perspectiva* của Witelo, công trình quan trọng nhất được sáng tạo trong thời kì trung cổ. Trong tác phẩm của ông, Kepler đã giải thích một cách chi tiết hơn sự nhìn hoạt động như thế nào: ánh sáng đi vào mắt, sau đó bị khúc xạ và hội tụ qua thủy tinh thể lên trên võng mạc. Với kiến thức sâu sắc này, ông là người đầu tiên giải thích tậ

viễn thị và cận thị và vì sao có thể dùng thấu kính để khắc phục tật nhìn của mắt. Nhận thấy ánh sáng truyền đến từ một nguồn càng ở xa thì nó càng lu mờ đi, Kepler đã phát triển và giới thiệu định luật nghịch đảo bình phương mô tả mối liên hệ toán học giữa cường độ ánh sáng và khoảng cách.



*Kính hiển vi van Leeuwenhoek
(khoảng cuối thập niên 1600)*

Nhiều khám phá khác về bản chất của ánh sáng đã được thực hiện trong thời gian này: một số nhà khoa học đã xác định cơ sở hình học của sự khúc xạ và phản xạ ánh sáng một cách chính xác hơn, Francesco Grimaldi nêu lý thuyết rằng ánh sáng có bản chất sóng, Erasmus Bartholin phát hiện ra sự khúc xạ kép trong những tinh thể nhất định, Isaac Newton phát hiện thấy ánh sáng trắng có thể phân tách thành những màu sắc khác nhau, và Ole Roemer kết luận từ những phép đo của ông rằng ánh sáng không

truyền đi tức thời, mà có một tốc độ hữu hạn.

Xuyên suốt những thế kỷ trước, Giáo hội đã dính líu phức tạp với các nghiên cứu khoa học, nhưng tiến đến cuối thế kỷ này, các nhà khoa học bắt đầu tự tách họ ra khỏi hệ thống tôn ti Nhà thờ. Các nhà khoa học phát triển những tổ chức của riêng họ để thảo luận và đánh giá công trình của họ và các khoa học bắt đầu vai trò là những ngành học có tổ chức. Ở nước Anh, một số nhóm thảo luận nhỏ đã hợp nhất vào năm 1660 để thành lập Hội Hoàng gia London Xúc tiến Kiến thức Khoa học. Ở Pháp, Viện Hàn lâm Khoa học Paris được thành lập vào năm 1666. Các tổ chức như thế này sẽ có tầm ảnh hưởng lớn đối với sự phát triển của khoa học ở châu Âu trong hơn hai trăm năm sau đó.

Khi Isaac Newton xuất bản cuốn *Nguyên lý (Principia)* của ông vào năm 1687, vũ trụ không còn được xem là bất biến và hoàn hảo, và Trái đất không còn là nhân vật trung tâm của nó. Học thuyết Copernicus được chấp nhận rộng rãi ở châu Âu, và được cập nhật kiến thức thiết yếu mới.

- 1604 Jahannes Kepler (Đức) cho xuất bản tác phẩm chính về quang học, *Ad Vitellionem Paralipomena, Quibus Astronomiae Pars Optica Traditur* (Bổ sung cho Witelo, trình bày chi tiết phần quang học của thiên văn học). Trong tác phẩm đó, ông phát biểu rằng cường độ của ánh sáng phát ra từ một nguồn tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách đến nguồn; ông mô tả sự nhìn là kết quả của những hình ảnh trên võng mạc do thủy tinh thể trong mắt tạo ra; ông nhận dạng chính xác nguyên nhân của tật viễn thị và cận thị.
- 1608 Nhà chế tạo kính người Hà Lan Hans Lippershey (còn gọi là Hans Lippersheim) chế tạo ra một chiếc kính thiên văn gồm một vật kính hội tụ và một thị kính phân kì. Ông giới thiệu phát minh của mình với Galileo.
- 1609 Galileo Galilei (Italy) chế tạo một chiếc kính thiên văn theo mẫu kính của Lippershey và sử dụng nó cho các quan sát thiên văn. Vào cuối năm này, ông đã vẽ hình ảnh của các pha mặt trăng khi nhìn qua kính thiên văn, và vào tháng giêng năm 1610, ông phát hiện ra Mộc tinh có bốn vệ tinh.
- 1610 – 1611 Ba nhà quan sát - Galileo, Christopher Scheiner, và Johann Fabricius (con trai của David Fabricius) – phát hiện ra các vết đen mặt trời, với phương tiện kính thiên văn mới được phát minh. Galileo liếc nhìn thẳng vào mặt trời qua chiếc kính thiên văn của ông. Những người khác thì sử dụng những phương pháp an toàn hơn, thí dụ như buồng tối, để sử dụng mặt trời một cách gián tiếp.
- 1611 Johannes Kepler (Đức) xuất bản một chuyên luận, *Dioptrice (Khúc xạ học)*, trong đó ông đề xuất một mẫu thiết kế mới cho kính thiên văn sử dụng hai thấu kính hội tụ. Cuối cùng, đây chính là mẫu thiết kế kính viễn vọng dành cho kính thiên văn.
- 1613 François d'Aguilon (Bi) xuất bản bộ sách *Opticorum Libri Sex* (Sáu tập sách quang học), bổ sung thêm một số kiến thức cơ bản và đóng góp cho lĩnh vực quang hình học.

Có lẽ sau sự khuyến cáo của Kepler, Christopher Scheiner (Đức) hoàn thiện thiết kế kính thiên văn khúc xạ, sử dụng hai thấu kính hội tụ thay cho một thấu kính hội tụ và một gương

- cầu lõm (do Galileo chế tạo).
- 1614 Nhà hóa học người Italy Angelo Sala xuất bản một tập sách mỏng về thí nghiệm của ông với muối bạc. Ông lưu ý rằng khi đưa bột bạc nitrate ra ánh sáng mặt trời thì “nó hóa đen như mực”.
- 1616 Nicolas Zucchi (Italy) chế tạo một thiết bị trong đó một thấu kính mắt được sử dụng để quan sát ảnh tạo ra bởi sự phản xạ từ một gương cầu lõm kim loại. Đây là một trong những chiếc kính thiên văn phản xạ sớm nhất, trong đó sự phóng đại thu được bởi sự tương tác của gương và thấu kính.
- 1619 Nhà phát minh Cornelius Drebbel (sinh ở Hà Lan nhưng cư trú ở Anh) phát triển một cỗ máy mài kính và chế tạo một chiếc kính hiển vi ghép và buồng tối với một thấu kính đặt tại lỗ hở.
- 1621 Nhà vật lý Willebrord Snell (Hà Lan) khám phá ra định luật khúc xạ và xác định được rằng những chất liệu trong suốt có chiết suất khác nhau tùy thuộc vào thành phần cấu tạo của chúng. Tuy nhiên, ông không công bố khám phá của mình, và nó vẫn không được biết tới cho đến năm 1703 khi được Christiaan Huygens cho xuất bản.
- 1633 Galileo bị Tòa án Dị giáo buộc phải rút lại sự ủng hộ của ông dành cho học thuyết Copernicus rằng Trái đất và các hành tinh khác quay xung quanh Mặt trời.
- 1637 Trong phần phụ lục của tác phẩm *Luận về Phương pháp và Các bài luận*, René Descartes (Pháp) giải thích hiện tượng cầu vồng và công bố những khám phá của ông về định luật phản xạ và khúc xạ. Ông phát hiện ra định luật khúc xạ Snell một cách độc lập, nhưng là người đầu tiên công bố nó.
- 1638 Nhà thiên văn học người Hà Lan John Phocylides Holwarda làm sáng tỏ rằng Mira Ceti (còn gọi là Omicron Ceti) là một sao biến quang, chứ không phải sao siêu mới, và biểu hiện chu kỳ độ sáng là 332 ngày.
- 1647 Bonaventura Cavalieri (Italy) mô tả mối liên hệ giữa bán kính cong của bề mặt của thấu kính mỏng và tiêu cự của nó.
- 1658 Nhà toán học người Pháp Pierre de Fermat trình bày nguyên lý “thời gian tối thiểu” cho rằng một tia sáng sẽ truyền đi theo hành trình cho phép nó đi tới đích trong một lượng thời gian

- nhỏ nhất. Nguyên lí của ông phù hợp với định luật khúc xạ Snell.
- 1660 Nhà sinh lí học người Italy Marcello Malpighi lần đầu tiên sử dụng kính hiển vi để khảo sát các mao mạch. Vài năm sau đó (cuối thập niên 1660 và thập niên 1670) ông nghiên cứu lớp malpighii trong da, và các hạt nhỏ malpighii trong gan và lá lách. Ông còn sử dụng kính hiển vi để nghiên cứu sự phát triển của phôi gà.
- 1663 James Gregory, nhà toán học và nhà thiên văn học người Scotland, mô tả chiếc kính thiên văn phản xạ thực tiễn đầu tiên trong tác phẩm của ông mang tên *Sự tiến bộ của Quang học*. Ông còn giới thiệu sự ước tính khoảng cách sao bằng các phương pháp trắc quang.
- 1664 Robert Hooke (Anh) là người đầu tiên chế tạo một chiếc kính thiên văn phản xạ kiểu Gregory. Ông sử dụng nó khám phá ra một ngôi sao mới trong chòm sao Orion và thực hiện các quan sát Mộc tinh và Hỏa tinh. Hooke còn là người đầu tiên khám phá ra các tế bào thực vật trong hóa thạch gỗ, với chiếc kính hiển vi ghép của ông.
- 1665 Hai năm sau khi qua đời, tập sách *Physicomathesis de lumine, coloribus, et iride, aliisque annexis* của Francesco Maria Grimaldi được cho xuất bản, trong đó mô tả chi tiết các quan sát của ông về sự nhiễu xạ của ánh sáng trắng. Trong quyển sách của ông, nhà vật lí người Italy kết luận rằng ánh sáng là một chất lỏng có khả năng chuyển động dạng sóng; một trong những xác nhận sớm nhất rằng ánh sáng hành xử giống như sóng.
- Robert Hooke cho xuất bản quyển *Micrographia* (Những hình vẽ bé nhỏ), các nghiên cứu của ông và hình minh họa của các vật và những sinh vật nhỏ xíu nhìn qua chiếc kính hiển vi của ông, trong đó có một con bọ chết và một con rận. Cũng trong năm này, nhà hiển vi học và tự nhiên học người Hà Lan Jan Swammerdam quan sát hồng cầu và giai đoạn phân chia hai tế bào của trứng ếch với chiếc kính hiển vi đơn giản của ông.
- 1666 Isaac Newton (Anh) nhận thấy ánh sáng trắng phân tách thành những màu sắc khác nhau khi nó đi qua một lăng kính.
- 1668 Nản lòng với các kính thiên văn khúc xạ (kiểu Galileo) làm

- thay đổi màu sắc của các vật thể thiên văn (hiện tượng sắc sai), Isaac Newton phát minh và chế tạo một chiếc kính thiên văn phản xạ theo mẫu riêng của ông, nhưng dựa trên các đề xuất của James Gregory.
- 1669 Erasmus Bartholin (Đan Mạch) khám phá ra sự khúc xạ kép khi ông thấy một ảnh bị tách làm hai ảnh khi nhìn qua một mẫu tinh thể băng Iceland.
- 1672 Trong lá thư đầu tiên của ông xuất bản trong *Kỉ yếu Triết học* của Hội Hoàng gia, Isaac Newton báo cáo về thí nghiệm lăng kính của ông, kết luận rằng ánh sáng trắng gồm những màu sắc khác nhau bị khúc xạ ở những góc khác nhau khi đi qua lăng kính.
- 1676 Dựa trên những quan sát của ông về thời gian trôi qua những lần che khuất của các vệ tinh của Mộc tinh do Mộc tinh đi qua, Ole Roemer (Đan Mạch) kết luận rằng tốc độ của ánh sáng là hữu hạn và ước tính nó có giá trị khoảng 225.000 km/s.
- 1678 Christiaan Huygens gửi một bức thư đến Viện Hàn lâm Khoa học ở Paris trình bày lí thuyết sóng ánh sáng của ông, lí thuyết sẽ được công bố sau này trong quyển *Traite de Lumiere* của ông vào năm 1690.
- 1683 Antonie van Leeuwenhoek (Hà Lan) công bố bức thư đầu tiên của ông trong *Kỉ yếu Triết học* của Hội Hoàng gia, với các minh họa miêu tả, nói về các quan sát của ông về các “vi sinh vật” hiển vi. Ông tự chế tạo kính hiển vi, với độ phóng đại từ 50 đến 300 lần và là người đầu tiên vẽ hình miêu tả động vật nguyên sinh, vi khuẩn, tinh trùng và các tế bào hồng cầu.
- 1687 Isaac Newton xuất bản quyển *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Các nguyên lí Toán học của Triết học Tự nhiên), khai hỏa pháo cho Cuộc cách mạng Khoa học.